

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月 9日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-263199

[ST.10/C]:

[JP2002-263199]

出 願 人

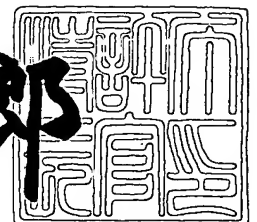
Applicant(s):

ティーディーケイ株式会社

2003年 5月30日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3040972

【書類名】 特許願

【整理番号】 P04308

【提出日】 平成14年 9月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/39

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケ
イ株式会社内

【氏名】 島沢 幸司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケ
イ株式会社内

【氏名】 土屋 芳弘

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケ
イ株式会社内

【氏名】 照沼 幸一

【特許出願人】

【識別番号】 000003067

【氏名又は名称】 ティーディーケイ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100108213

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部 豊隆

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 交換結合膜、スピバルブ膜、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置及び磁気記録再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 反強磁性層と強磁性層積層体とが積層され、前記強磁性層積層体の磁化の方向が固定される交換結合膜であって、

前記強磁性層積層体は、体心立方構造を有する強磁性材料を含む第一強磁性層と、面心立方構造を有する強磁性材料を含み前記第一強磁性層の両面に各々形成された一対の第二強磁性層と、を備え、

前記反強磁性層は、不規則合金を含み、一方の前記第二強磁性層と接することを特徴とする交換結合膜。

【請求項 2】 前記強磁性層積層体は、さらに、他方の前記第二強磁性層を挟んで前記反強磁性層と反対側に、非磁性介在層を介して第三強磁性層を備えることを特徴とする、請求項 1 に記載の交換結合膜。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 に記載の交換結合膜と、前記交換結合膜の前記強磁性層積層体に積層された非磁性導電層と、前記非磁性導電層に積層され強磁性材料を含むフリー層と、を備えることを特徴とするスピバルブ膜。

【請求項 4】 請求項 3 に記載のスピバルブ膜と、前記スピバルブ膜を前記スピバルブ膜の積層方向の両側から挟む位置に配置され軟磁性材料を含む一対の磁気シールド層と、を備えることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 5】 前記スピバルブ膜と電氣的に接続され前記スピバルブ膜の膜面に平行に電流を流すための一対の電極層を備えることを特徴とする、請求項 4 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 6】 前記スピバルブ膜と電氣的に接続され前記スピバルブ膜の膜面に垂直に電流を流すための一対の電極層を備えることを特徴とする、請求項 4 に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 7】 請求項 4 ～ 6 の何れか一項に記載の薄膜磁気ヘッドと、前記薄膜磁気ヘッドを支持するヘッド支持装置と、を備えることを特徴とする、磁気ヘッド装置。

【請求項 8】 請求項 7 に記載の磁気ヘッド装置と、前記磁気ヘッド装置の薄膜磁気ヘッドと協働して磁気記録再生を行う磁気記録媒体と、を備えることを特徴とする、磁気記録再生装置

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、強磁性層と反強磁性層とを含む交換結合膜、これを用いたスピバルブ膜、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置、磁気記録再生装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来より、薄膜磁気ヘッドとして、反強磁性層、強磁性層、非磁性導電層及び強磁性層を順次積層してなるスピバルブ膜を備えた薄膜磁気ヘッドが知られている（例えば、特許文献 1、特許文献 2 参照）。このような薄膜磁気ヘッドにおいては反強磁性層と強磁性層との交換結合により反強磁性層と接する強磁性層の磁化の方向が固定されている。薄膜磁気ヘッドの信頼性を向上させるためには、反強磁性層及びこの反強磁性層と交換結合する強磁性層を含む交換結合膜の交換結合エネルギーが十分高いことが必要とされる。

【 0 0 0 3 】

交換結合膜としては、PtMn 層とCoFe 層とを用いた交換結合膜（例えば、特許文献 3 参照）や、NiMn 層とCoFe 層とを用いた交換結合膜（例えば、特許文献 4、特許文献 5 参照）、IrMn 層とCoFe 層とを用いた交換結合膜（例えば、特許文献 6 参照）、RuRhMn 層とNiFe 層とを用いた交換結合膜（例えば、特許文献 7 参照）等が知られている。

【 0 0 0 4 】

また、交換結合膜における強磁性層を強磁性層／非磁性金属介在層／強磁性層の三層構造の強磁性層積層体とすることにより、二つの強磁性層間に反強磁性的な交換結合を与え、反強磁性層から強磁性層積層体への交換結合力を実効的に増大させた交換結合膜が知られている（例えば、特許文献 8 参照）。

【 0 0 0 5 】

さらに、交換結合膜における反強磁性層と強磁性層との間にマッチング強磁性層を挿入することにより交換結合を増大させる方法が開示されている（例えば、特許文献 9 参照）。

【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】

特公平 8 - 2 1 1 6 6 号公報

【特許文献 2】

特開平 6 - 2 3 6 5 2 7 号公報

【特許文献 3】

特開平 9 - 1 4 7 3 2 5 号公報

【特許文献 4】

特開平 9 - 6 3 0 2 1 号公報

【特許文献 5】

特開平 9 - 5 0 6 1 1 号公報

【特許文献 6】

特開平 9 - 1 4 8 1 3 2 号公報

【特許文献 7】

特開平 1 0 - 2 4 2 5 4 4 号公報

【特許文献 8】

特開 2 0 0 0 - 1 3 7 9 0 6 号公報

【特許文献 9】

特開平 9 - 8 2 5 2 4 号公報

【発明が解決しようとする課題】

ところで、薄膜磁気ヘッドにおいては、より高密度に情報が記録された磁気記録媒体からの読み出しが求められており、このためには薄膜磁気ヘッドにおいてスピバルブ膜を挟む位置に配置される一対の磁気シールド層間のギャップを狭くする、いわゆる狭ギャップ化が必要となる。

【 0 0 0 7 】

磁気シールド層間に配置される層の内、絶縁層を現状以上に薄膜化することは

難しく、スピバルブ膜の厚みを薄くすることが必要となる。そして、スピバルブ膜を薄くするにはスピバルブ膜において他の層に比して膜厚が大きい、反強磁性層の膜厚を薄くすることが効果的である。しかしながら、従来の交換結合膜において反強磁性層の厚みを従来より薄くすると、十分な交換結合エネルギーを得られないという問題がある。

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、従来よりも膜厚を薄くすることが可能でかつ十分な交換結合エネルギーを有する交換結合膜、これを用いたスピバルブ膜、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置、磁気記録再生装置を提供することを目的とする。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは鋭意検討した結果、体心立方構造を有する強磁性材料を含む第一強磁性層と、面心立方構造を有する強磁性材料を含み前記第一強磁性層の両面に各々積層された一对の第二強磁性層と、を含む強磁性層積層体と、不規則合金を含み一方の第二強磁性層と接する反強磁性層とを採用する交換結合膜によれば、反強磁性層を従来より薄くしても十分な交換結合エネルギーが得られることを見出し、本発明を想到するに至った。

【 0 0 1 0 】

本発明に係る交換結合膜は、反強磁性層と強磁性層積層体とが積層され、強磁性層積層体の磁化の方向が固定される交換結合膜であって、強磁性層積層体は、体心立方構造を有する強磁性材料を含む第一強磁性層と、面心立方構造を有する強磁性材料を含み第一強磁性層の両面に各々形成された一对の第二強磁性層と、を備え、反強磁性層は、不規則合金を含み、一方の第二強磁性層と接することを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

本発明の交換結合膜によれば、強磁性層積層体の磁化の方向が反強磁性層との交換結合により固定される。このとき、反強磁性層の厚みを従来より薄くしても十分な交換結合エネルギーが発現して、強磁性層積層体の磁化の方向が十分に固

定されるので、交換結合膜の厚みを従来より薄くできる。

【 0 0 1 2 】

ここで、上記交換結合膜において、強磁性層積層体は、さらに、他方の第二強磁性層を挟んで反強磁性層と反対側に、非磁性介在層を介して第三強磁性層を備えることが好ましい。

【 0 0 1 3 】

これにより、強磁性層積層体において、第一強磁性層及びこの第一強磁性体を挟む一対の第二強磁性層と、第三強磁性層とが、非磁性介在層を介して反強磁性的に交換結合するので、反強磁性層が強磁性層積層体の磁化の方向を固定する力が実効的に増大する。また、閉じた磁界が形成されるので強磁性層構造体からの磁界の漏洩が低減される。

【 0 0 1 4 】

本発明に係るスピバルブ膜は、上述の交換結合膜と、交換結合膜の強磁性層積層体に積層された非磁性導電層と、非磁性導電層に積層され強磁性材料を含むフリー層と、を有することを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

本発明のスピバルブ膜によれば、上記の交換結合膜を採用するので強磁性層積層体の磁化の方向を十分に固定させつつスピバルブ膜の厚みを薄くできる。

【 0 0 1 6 】

本発明に係る薄膜磁気ヘッドは、上記のスピバルブ膜と、スピバルブ膜をスピバルブ膜の積層方向の両側から挟む位置に配置され軟磁性材料を含む一対の磁気シールド層と、を備えることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

本発明の薄膜磁気ヘッドによれば、上述の交換結合膜を有するのでスピバルブ膜の膜厚を薄くできる。このため、スピバルブ膜を挟む一対の磁気シールド層間のギャップを狭くでき、より高密度に磁気情報が記録された媒体からの漏洩磁界の検出が可能となる。

【 0 0 1 8 】

ここで、上記薄膜磁気ヘッドにおいて、スピバルブ膜と電氣的に接続されス

ピンバルブ膜の膜面に平行に電流を流すための一对の電極層を備えることができる。

【0019】

このような、いわゆるCIP型の薄膜磁気ヘッドでは、上述の交換結合膜を有することによって反強磁性層の厚みが薄くなると、スピンバルブ膜を流れる電流の内、反強磁性層に流れる電流の分流比が少なくされ、薄膜磁気ヘッドのMR比が向上される。

【0020】

また、上記薄膜磁気ヘッドにおいて、スピンバルブ膜と電氣的に接続されスピンバルブ膜の膜面に垂直に電流を流すための一对の電極層を備えることもできる。

【0021】

このような、いわゆるCPP型の薄膜磁気ヘッドでは、上述の交換結合膜を有して反強磁性層の厚みが薄くなると、スピンバルブ膜を流れる電流が反強磁性層を流れる際の抵抗が少なくなるので、薄膜磁気ヘッドのMR比が向上される。

【0022】

本発明に係る磁気ヘッド装置は、上記の薄膜磁気ヘッドと、薄膜磁気ヘッドを支持するヘッド支持装置と、を備えることを特徴とする。

【0023】

本発明に係る磁気記録再生装置は、上記の磁気ヘッド装置と、磁気ヘッド装置の薄膜磁気ヘッドと協働して磁気記録再生を行う磁気記録媒体と、を備えることを特徴とする。

【0024】

このような磁気ヘッド装置、磁気記録再生装置によれば、上述の薄膜磁気ヘッドを備えるので、記録密度を向上させることが可能となる。

【0025】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明において、同一または相当要素には同一の符号を付し、

重複する説明は省略する。

【 0 0 2 6 】

まず、図 1 を参照して、本発明の実施形態に係る交換結合膜について説明する。本実施形態に係る交換結合膜 1 0 0 は、不規則合金構造を有する反強磁性層 7 と、反強磁性層 7 の上に積層された強磁性層積層体 4 1 と、を有している。

【 0 0 2 7 】

強磁性層積層体 4 1 は、体心立方構造 (B C C) を有する強磁性材料を含む第一強磁性層 1 3 と、面心立方構造 (F C C) を有する強磁性材料を含み第一強磁性層 1 3 の両面に各々形成された第二強磁性層 1 1 A、第二強磁性層 1 1 B と、を備えている。第二強磁性層 1 1 A が反強磁性層 7 と接している。

【 0 0 2 8 】

第一強磁性層 1 3 としては、体心立方構造を有する、F e や鉄リッチ合金を使用することが好ましい。鉄リッチ合金としては、例えば鉄を 9 5 % 含む F e₉₅T a や、鉄を 9 0 % 含む F e₉₀C o、鉄を 5 0 % 含む F e₅₀C o 等が使用できる。

【 0 0 2 9 】

第二強磁性層 1 1 A、第二強磁性層 1 1 B としては、面心立方構造を有する強磁性材料が利用でき、例えば、C o や、コバルトを 9 0 % 含む C o₉₀F e や、ニッケルを 8 0 % 含む N i₈₀F e 等が利用できる。

【 0 0 3 0 】

反強磁性層 7 は、不規則合金構造を有する反強磁性材料であり、例えば、 γ -M n 系の構造を有する合金が使用でき、I r M n、R u R h M n、F e M n、R u M n 等の合金が好ましい。これらの合金の組成としては、例えば、I r M n₈₀、F e M n₈₀、R u R h M n₈₀、R u M n₈₀ 等が利用できる。

【 0 0 3 1 】

この反強磁性層 7 は、強磁性層積層体 4 1 の一方の第二強磁性層 1 1 A と接するように形成されている。第二強磁性層 1 1 A と反強磁性層 7 との界面に交換結合磁界が発生し、これによって強磁性層積層体 4 1 の磁化の向きが固定される。

【 0 0 3 2 】

なお、第二強磁性層 1 1 B 上に非磁性層を介して第 3 強磁性層を積層し、第一

強磁性層 1 3 及び第二強磁性層 1 1 A, 1 1 B と、第 3 強磁性層とを非磁性層を介して反強磁性的に交換結合させる、いわゆる、シンセティック構造としてもよい。この場合には、反強磁性層 7 による強磁性層積層体 4 1 の磁化の方向の固定力が実効的に増大する。

【 0 0 3 3 】

このような交換結合膜は、図示しない基板上に、反強磁性層 7、第二強磁性層 1 1 A、第一強磁性層 1 3 及び第二強磁性層 1 1 B を、この順あるいは逆の順にスパッタリング等により成膜することにより容易に得られる。

【 0 0 3 4 】

本実施形態における交換結合膜によれば、反強磁性層の膜厚を従来より薄くしても十分高い交換結合エネルギーが得られ、交換結合膜の膜厚を薄くできる。

【 0 0 3 5 】

なお、第一強磁性層 1 3、第二強磁性層 1 1 A、第二強磁性層 1 1 B の膜厚は、特に限定されないが、第一強磁性層 1 3 を 0. 5 ~ 3 n m 程度とすることが好ましく、第二強磁性層 1 1 A、1 1 B を 0. 5 ~ 1. 5 n m 程度とすることが好ましい。また、反強磁性層 7 の厚みも特に限定されないが、5 n m ~ 1 0 n m 程度とすることが好ましい。

【 0 0 3 6 】

ここで、本実施形態に係る交換結合膜の交換結合エネルギー等の特性を確認した。

【 0 0 3 7 】

(実施例 1 ~ 4)

Al_2O_3 の下地膜を有する AlTiC 等の基板上に、下地層として 5 n m の Ta を積層した後、面心立方構造を有する第二強磁性層 A、体心立方構造を有する第一強磁性層、面心立方構造を有する第二強磁性層 B を順次積層して強磁性層積層体を形成し、さらに、第二強磁性層 B 上に不規則合金である反強磁性層を形成し、さらにその上にキャップ層として 5 n m の Ta を形成して交換結合膜を得た。各層の形成はスパッタリング法によって行った。

【 0 0 3 8 】

図 2 の表に示すように、強磁性層積層体の膜構成は、各実施例とも、第二強磁性層 A / 第一強磁性層 / 第二強磁性層 B の順に、 Co_{90}Fe を 0.5 nm、 Fe_{95}Ta を 3 nm、 Co_{90}Fe を 0.5 nm とした。また、反強磁性層としては $\text{Ir}_{20}\text{Mn}_{80}$ を用い、膜厚を、実施例 1 ~ 4 の順に、10, 9, 7, 5 nm とした。なお、図 2 において、第二強磁性層 B が反強磁性層と接している。

【 0 0 3 9 】

(実施例 5 ~ 7)

反強磁性層として IrMn に代えて他の不規則合金である RuRhMn_{80} を用い、その厚みを実施例 5 ~ 7 の順に 11, 9, 7 nm とする以外は実施例 1 と同様にして実施例 5 ~ 7 の交換結合膜を得た。

【 0 0 4 0 】

(実施例 8)

強磁性層積層体の膜構成を、第二強磁性層 A / 第一強磁性層 / 第二強磁性層 B の順に、1 nm の Co_{90}Fe 、2 nm の Fe_{50}Co 、1 nm の Co_{90}Fe とする以外は実施例 4 と同様にして、実施例 8 の交換結合膜を得た。

【 0 0 4 1 】

(比較例 1 ~ 6)

強磁性層積層体を 3 nm の Co_{90}Fe の単層とする以外は実施例 1、実施例 4 と同様にして比較例 1、比較例 2 の交換結合膜を得た。また、強磁性層積層体を 2 nm の Co_{90}Fe の単層とする以外は実施例 1、実施例 4 と同様にして比較例 3、比較例 4 の交換結合膜を得た。

【 0 0 4 2 】

(比較例 5)

強磁性層積層体として、2 nm の Co_{90}Fe と、2 nm の Fe_{95}Ta とからなる 2 層の強磁性層積層体を用い、 FeTa 層の上に $\text{Ir}_{20}\text{Mn}_{80}$ を積層する以外は実施例 1 と同様にして比較例 5 の交換結合膜を得た。

【 0 0 4 3 】

(比較例 6 ~ 8)

反強磁性層として、規則合金である PtMn を、比較例 6 ~ 8 の順に、15,

13, 10 nm 積層する以外は、実施例 1 と同様にして比較例 6 ～ 8 の交換結合膜を得た。

【0044】

(比較例 9、10)

強磁性層積層体として 3 nm の Co_{90}Fe の単層とし、反強磁性層として規則合金である PtMn を比較例 9、10 の順に 15, 5 nm として比較例 9, 10 の交換結合膜を得た。

【0045】

(参考例 1)

強磁性層積層体として、2 nm の Co_{90}Fe と 2 nm の Fe_{50}Co の 2 層の積層体とし、 Fe_{50}Co 層に IrMn_{80} を積層した交換結合膜を得た。

【0046】

このようにして得られた交換結合膜の磁化容易軸方向の磁化曲線を測定した。得られた磁化曲線の典型例を図 3 に示す。反強磁性層との交換結合により強磁性層積層体の磁化曲線が原点 0 からシフトしており、このシフト量を交換結合磁界 H_{ex} として求めると共に、ヒステリシスのループの横幅 H_{cp} を求めた。また、交換結合磁界 H_{ex} に基づいて、各々の交換結合膜の交換結合エネルギー J_k を求めた。ここでは、強磁性層積層体の厚みを飽和磁化 M_{s0} の Co_{90}Fe 層として換算した CoFe 換算厚み t_a を用い、 $J_k [\text{J}/\text{m}^2] = (H_{ex} [\text{A}/\text{m}]) \times (M_{s0} [\text{Wb}/\text{m}^2]) \times (t_a [\text{m}])$ で概算した。これらの結果を図 2 の表に示す。

【0047】

これらの結果を図 2 の表に示す。なお、交換結合エネルギー J_k の計算における、 CoFe 換算厚み t_a の計算に当たっては、 $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ の飽和磁化 M_{s0} を $1.9 \text{ Wb}/\text{m}^2$ 、 Fe_{95}Ta の飽和磁化を $1.48 \text{ Wb}/\text{m}^2$ 、 $\text{Fe}_{50}\text{Co}_{50}$ の飽和磁化を $2.18 \text{ Wb}/\text{m}^2$ とした。

【0048】

実施例 1 ～ 4 のように、体心立方構造の FeTa を一対の面心立方構造の Co_{90}Fe で挟んだ強磁性層積層体と、反強磁性層として不規則合金である IrMn

を用いた交換結合膜では、反強磁性層を $10 \sim 5 \text{ nm}$ にした場合において $287 \mu\text{J}/\text{m}^2$ 以上の交換結合エネルギー J_k を有することがわかる。

【0049】

また、実施例 5～7 のように、実施例 1～4 と同じ強磁性層積層体と、不規則合金である RuRhMn の反強磁性層とを用いた交換結合膜でも、膜厚を $7 \sim 11 \text{ nm}$ とした場合において、 $234 \mu\text{J}/\text{m}^2$ 以上の高い交換結合エネルギー J_k を有することがわかる。

【0050】

さらに、実施例 8 のように、体心立方構造の Fe_{50}Co を一対の面心立方構造の Co_{90}Fe で挟んだ強磁性層積層体と、 IrMn の反強磁性層とからなる交換結合膜でも、反強磁性層の厚みが 5 nm において、 $545 \mu\text{J}/\text{m}^2$ という高い交換結合エネルギーが得られた。

【0051】

一方、比較例 1～4 のように、強磁性層積層体として Co_{90}Fe の単層を用い反強磁性層として IrMn を用いた従来知られた交換結合膜では、反強磁性層の厚みを $5 \sim 10 \text{ nm}$ にした場合 $184 \mu\text{J}/\text{m}^2$ を超える交換結合エネルギー J_k を得られなかった。

【0052】

また、比較例 5 のように、反強磁性層として IrMn を用い、強磁性層積層体として $\text{Co}_{90}\text{Fe}/\text{FeTa}$ を用いた 2 層の強磁性層積層体の場合でも十分な交換結合エネルギー J_k を得られなかった。

【0053】

また、比較例 6～8 に示すように、実施例 1 の強磁性層積層体と、規則合金である PtMn とからなる構成の交換結合膜では、反強磁性層の膜厚の減少と共に交換結合エネルギー J_k が顕著に減少し、反強磁性層の膜厚が 10 nm では交換結合エネルギー J_k が $105 \mu\text{J}/\text{m}^2$ 程度と低く十分でない。

【0054】

加えて、比較例 9, 10 に示すように、規則合金である PtMn と Co_{90}Fe とからなる従来構成の交換結合膜でも、反強磁性層が 15 nm 程度の膜厚を有す

ると $365 \mu\text{J}/\text{m}^2$ という十分な交換結合エネルギーを示すが、反強磁性層である PtMn の膜厚が 5 nm 程度にまで薄くなると交換結合エネルギーが $41.6 \mu\text{J}/\text{m}^2$ 程度にまで低下し、十分でない。

【 0 0 5 5 】

以上のデータより明らかなように、体心立方構造を有する強磁性材料を含む第一強磁性層を面心立方構造を有する強磁性材料を含む一対の強磁性層で挟んだ強磁性層積層体と、不規則合金である反強磁性層とを組合せた交換結合膜によれば、反強磁性層を 10 nm 以下程度にまで薄くしても十分な交換結合エネルギーを有する交換結合膜が実現できることが確認された。

【 0 0 5 6 】

なお、参考例 1 からわかるように、 $\text{Co}_{90}\text{Fe}/\text{Fe}_{50}\text{Co}/\text{IrMn}$ 系の交換結合膜も $339 \mu\text{J}/\text{m}^2$ と比較例 1 等に比して高い交換結合エネルギー J_k を示すが、実施形態 8 のように、 $\text{Co}_{90}\text{Fe}/\text{Fe}_{50}\text{Co}/\text{Co}_{90}\text{Fe}/\text{IrMn}$ 系の交換結合膜のように、体心立方構造を有する Fe_{50}Co 層を面心立方構造を有する Co_{90}Fe 層で挟むことにより、さらに交換結合エネルギー J_k が高くなる。

【 0 0 5 7 】

また、実施例 1 ～ 8 において磁化曲線のヒステリシスループの横幅 H_{cp} は、 $9.2 \sim 17 \text{ kA}/\text{m}$ 程度となり、特に問題はない。

【 0 0 5 8 】

次に、実施例 1 のような $\text{Co}_{90}\text{Fe}/\text{Fe}_{95}\text{Ta}/\text{Co}_{90}\text{Fe}/\text{IrMn}_{80}$ という構成の交換結合膜と、実施例 8 のような $\text{Co}_{90}\text{Fe}/\text{Fe}_{50}\text{Co}/\text{Co}_{90}\text{Fe}/\text{IrMn}_{80}$ という構成の交換結合膜と、において、強磁性層積層体を構成する 3 つの強磁性層の膜厚を変化させた場合の交換結合エネルギー等の変化について測定した。

【 0 0 5 9 】

(実施例 9 ～ 15)

強磁性層積層体の $\text{Co}_{90}\text{Fe}/\text{Fe}_{95}\text{Ta}/\text{Co}_{90}\text{Fe}$ の各層の厚みを、図 4 の表に記載の如く変更する以外は、実施例 1 と同様にして実施例 9 ～ 15 の交換

結合膜を得た。

【 0 0 6 0 】

(実施例 1 6 ～ 2 1)

強磁性層積層体の $\text{Co}_{90}\text{Fe} / \text{Fe}_{50}\text{Co} / \text{Co}_{90}\text{Fe}$ の各層の厚みを、図 5 の表に記載の如く設定する以外は、実施例 8 と同様にして実施例 1 6 ～ 2 1 の交換結合膜を得た。

【 0 0 6 1 】

実施例 9 ～ 1 1 よりわかるように (図 4 参照)、 $\text{Co}_{90}\text{Fe} / \text{Fe}_{95}\text{Ta} / \text{Co}_{90}\text{Fe} / \text{IrMn}$ 系の交換結合膜では反強磁性層に接する側の第二強磁性層 B が厚くなると交換結合エネルギー J_k が僅かに増加した。しかしながら、増大率は僅かであり、電流の分流損に起因する出力劣化を考慮すると、第二強磁性層 B の厚みは 0. 5 ～ 1. 0 nm 程度とすることが好ましいと考えられる。一方、実施例 8, 1 6, 1 7 よりわかるように (図 5 参照)、 $\text{Co}_{90}\text{Fe} / \text{Fe}_{50}\text{Co} / \text{Co}_{90}\text{Fe} / \text{IrMn}$ 系の交換結合膜では、第二強磁性層 A や第二強磁性層 B の膜厚の変化は、交換結合エネルギー J_k にそれほど影響を与えなかった。

【 0 0 6 2 】

さらに、実施例 1 2 ～ 1 5 (図 4 参照)、実施例 1 8 ～ 2 1 (図 5 参照) よりわかるように、これら二つの系の交換結合膜においては、第一強磁性層の厚みを厚くすると交換結合エネルギー J_k が僅かに増加したが、その割合はあまり大きくなかった。

【 0 0 6 3 】

続いて、図 6 を参照して本実施形態に係るスピバルブ膜及び薄膜磁気ヘッド MH 1 について説明する。薄膜磁気ヘッド MH 1 は、再生ヘッドとしての磁気検出素子 MD と、記録ヘッドとしての磁界形成素子 RD とを備えている。磁気検出素子 MD は、非磁性基板 1、下部磁気シールド層 3、下部ギャップ層 5、スピバルブ膜 4 7、電極層 4 5、硬質磁性層 3 3、上部ギャップ層 3 9、及び上部磁気シールド層 1 9 等を備えている。

【 0 0 6 4 】

非磁性基板 1 は、 $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{TiC}$ 等を材料としている。下部磁気シールド層

3は、NiFe、センダスト、FeCo、FeCoNi等の軟磁性体を材料とし、非磁性基板1上に成膜される。下部磁気シールド層3の厚みは $0.5\mu\text{m}$ ～ $4\mu\text{m}$ に設定される。

【0065】

下部ギャップ層5は、 Al_2O_3 、AlN、 SiO_2 等の非磁性の絶縁体を材料とし、下部磁気シールド層3上に成膜される。下部ギャップ層5の厚みは 5nm ～ 30nm に設定される。

【0066】

スピンバルブ膜47はGMR (Giant Magneto Resistive) 素子であって、反強磁性層7、強磁性層積層体41、非磁性導電層25、フリー層27を含んでおり、下部ギャップ層5上に順に成膜されている。

【0067】

反強磁性層7は、前述の実施形態に係る交換結合膜100の反強磁性層7と同様であり、下部ギャップ層5上に成膜される。

【0068】

強磁性層積層体41は、下から順に、面心立方構造を有する材料を含む第二強磁性層11A、体心立方構造を有する材料を含む第一強磁性層13、面心立方構造を有する材料を含む第二強磁性層11B、非磁性介在層15、第三強磁性層17を備え、この順に反強磁性層7上に成膜されている。

【0069】

第二強磁性層11A、第一強磁性層13、第二強磁性層11Bは前述の実施形態に係る交換結合膜100のそれぞれと同様であり、ここではこれら3つを合わせて層構造体9と呼ぶ。

【0070】

非磁性介在層15はRu等の非磁性金属層であり、第三強磁性層17は、FeCo等の強磁性体である。非磁性介在層15の厚みは、層構造体9と第三強磁性層17とが反強磁性的に交換結合可能に設定され、例えば、 $0.3\sim 1.2\text{nm}$ 程度とされる。また、第三強磁性層17は第二強磁性層11A、11Bと同じ材料が好ましく、厚みは、層構造体9と同程度とされる。

【 0 0 7 1 】

そして、強磁性層積層体 4 1 と反強磁性層 7 とが交換結合膜 2 0 0 を形成する。

【 0 0 7 2 】

このような交換結合膜 2 0 0 においては、前述と同様に反強磁性層 7 と第二強磁性層 1 1 A との界面での交換結合磁界により層構造体 9 の磁化の方向が一定の方向（トラック幅方向と直交する方向）に固定される。さらに、層構造体 9 は非磁性介在層 1 5 を介して第三強磁性層 1 7 と反強磁性的に交換結合して、第三強磁性層 1 7 の磁化は層構造体 9 の磁化と反対方向に固定される。したがって、強磁性層積層体 4 1 の磁化が、反強磁性層 7 によって、所定の方向に安定に固定されることとなる。

【 0 0 7 3 】

なお、強磁性層積層体 4 1 において、層構造体 9 と第三強磁性層 1 7 とが、非磁性介在層 1 5 を介して互いに反強磁性的に交換結合するので、反強磁性層 7 が強磁性層積層体 4 1 の磁化の方向を固定する力が実効的に増大し、より信頼性を高くできる。また、強磁性層積層体 4 1 から磁化が漏洩しにくいのでさらに信頼性が向上する。

【 0 0 7 4 】

非磁性導電層 2 5 は、Cu、Ru、Rh、Ir、Au、Ag 等の導電性の非磁性体を材料とし、第三強磁性層 1 7 上に成膜される。非磁性導電層 2 5 の厚みは 1 nm ～ 4 nm に設定される。

【 0 0 7 5 】

フリー層 2 7 は、Fe、Co、Ni、NiFe、CoFe、CoZrNb、FeCoNi 等の強磁性体を材料とし、非磁性導電層 2 5 上に成膜される。フリー層 2 7 の厚みは 0.5 nm ～ 10 nm に設定される。

【 0 0 7 6 】

なお、フリー層 2 7 の中央部であるトラック部分 2 7 b が、外部からの漏洩磁界によって磁化の方向が変化される部分として機能する。光学トラック幅は、0.1 μ m 程度に設定されることとなる。

【 0 0 7 7 】

硬質磁性層 3 3 は、このようなスピバルブ膜 4 7 を両側から挟むように配置され、フリー層 2 7 にバイアス磁界を印加する。

【 0 0 7 8 】

硬質磁性層 3 3 は、C o C r P t、C o P t、C o T a 等の高保磁力を有する硬質磁性体を材料とし、硬質磁性層 3 3、3 3 の間隔は、最狭位置において、0 . 5 μ m 程度に設定されている。

【 0 0 7 9 】

硬質磁性層 3 3 の下には、T i W、T a、C r T i 等の金属材料からなり、スピバルブ膜 4 7 の側面及び下部ギャップ層 5 上にわたって成膜される下地層 3 1 を各々備えている。また、硬質磁性層 3 3 の上には、T a、A l₂O₃ 等からなる保護層 3 5 が各々形成されている。このような、下地層 3 1、硬質磁性層 3 3 及び保護層 3 5 は、スピバルブ膜 4 7 の成膜後に、スピバルブ膜 4 7 をパターンニング（イオンミリング、R I E 等の手法が利用可能である）した後に成膜できる。

【 0 0 8 0 】

一対の電極層 4 5、4 5 は、フリー層 2 7 でトラック部分 2 7 b を挟む両側部分に各々重なるように左右に離間配置され、各々の側の保護層 3 5 上にわたって成膜されている。この電極層 4 5 は、例えば、A u、A g 等の導電性材料からなり、スピバルブ膜 4 7 に対してスピバルブ膜 4 7 の積層方向に平行に電流（センス電流）を供給する。

【 0 0 8 1 】

すなわち、一方の電極層 4 5 から供給された電子は、スピバルブ膜 4 7 を膜面に平行に流れて、他方の電極層 4 5 に伝達される。なお、電流は電子とは逆方向に流れることとなる。一対の電極層 4 5、4 5 の間隔は、最狭位置において、0 . 1 μ m 程度に設定されている。このような、薄膜磁気ヘッドは、C I P（C u r r e n t i n P l a n e）型の G M R ヘッドと呼ばれる。

【 0 0 8 2 】

電極層 4 5 上には各々保護層 3 7 が成膜されており、この保護層 3 7 は T a、

Al_2O_3 等からなる。

【 0 0 8 3 】

上部ギャップ層 3 9 は、 Al_2O_3 、 AlN 、 SiO_2 等の非磁性絶縁材料からなり、保護層 3 7 及びフリー層 2 7 のトラック部 2 7 b の上面にわたって成膜される。上部ギャップ層 3 9 の厚みは 5 nm ～ 3 0 nm に設定される。

【 0 0 8 4 】

上部磁気シールド層 1 9 は、 NiFe 、センダスト、 FeCo 、 FeCoNi 等の軟磁性体を材料とし、上部ギャップ層 3 9 上に成膜される。上部磁気シールド層 1 9 の厚みは 0. 5 μm ～ 4 μm に設定される。各磁気シールド層 3, 1 9 は軟磁性材料からなるため、検出対象の磁化遷移領域からの漏洩磁界以外の漏洩磁界のスピンバルブ膜 4 7 内部への導入を抑制する。

【 0 0 8 5 】

次に、スピンバルブ膜 4 7 及び薄膜磁気ヘッド MH 1 の機能について説明する。フリー層 2 7 のトラック部分 2 7 b の磁化は、一对の硬質磁性層 3 3、3 3 により形成されるバイアス磁界によって、硬質磁性層 3 3 の磁化と同じトラック幅方向に向き単磁区化されている。そして、このフリー層 2 7 のトラック部分 2 7 b の磁化の向きは、磁気記録媒体等の磁化遷移領域からの漏洩磁界によって、すなわち磁化遷移領域が N 極であるか S 極であるかによって、変化する。

【 0 0 8 6 】

強磁性層積層体 4 1 の磁化の向きは反強磁性層 7 によって固定されるので、フリー層 2 7 のトラック部分と強磁性層積層体 4 1 における第三強磁性層 1 7 の磁化方向間の余弦に対応する抵抗変化により、一对の電極層 4 5 間における電子の伝達率（電流）が変化することとなる。この電流の変化を検出することで、磁気記録媒体の検出対象の磁化遷移領域からの漏洩磁界が検出される。なお、供給電流（センス電流）を一定としつつ電圧を検出することで磁界検出を行なうことができ、一般にはこのような形式の検出を用いる。

【 0 0 8 7 】

ここで、第三強磁性層 1 7 を含む強磁性層積層体 4 1 の磁化の固定に、前述の実施形態に係る交換結合膜 1 0 0 と同様の、反強磁性層 7 と層構造体 9 とを含む

交換結合膜 2 0 0 を採用しているのので、反強磁性層 7 の膜厚を従来よりも薄くしつつ十分な交換結合エネルギーにより第三強磁性層 1 7 を含む強磁性層積層体 4 1 の磁化の方向が固定される。

【 0 0 8 8 】

これによりスピバルブ膜 4 7 を薄くすることができ、薄膜磁気ヘッド M H 1 の上部磁気シールド層 1 9 と下部磁気シールド層 3 との間のギャップを狭くすることができるので、より高密度に記録された磁気記録媒体からの漏洩磁界の読み取りが可能となる。

【 0 0 8 9 】

さらに、反強磁性層 7 の厚みを従来よりも薄くできるので、スピバルブ膜 4 7 に流れる電流の内、反強磁性層 7 に流れるセンス電流の分流比を下げるができる。このため、薄膜磁気ヘッドの M R 比や抵抗変化率が向上し、薄膜磁気ヘッドの高出力化が可能となる。

【 0 0 9 0 】

なお、このように反強磁性層 7 の厚みを従来に比して薄くしても、強磁性層積層体 4 1 の磁化の方向が確実に固定されるため、スピバルブ膜 4 7 及び薄膜磁気ヘッド M H 1 において、安定な読み取り動作が可能となる。

【 0 0 9 1 】

ここで、データの磁気記録についても若干の説明をしておく。薄膜磁気ヘッド M H 1 の磁気検出素子 M D 上には磁気データを書き込むための磁界形成素子 R D が機械的に結合している。磁気記録媒体の磁化遷移領域への書き込みは、磁界形成素子 R D からの漏洩磁界によって行われる。

【 0 0 9 2 】

ここで、本実施形態のようなスピバルブ膜を含む薄膜ヘッドを作成し、M R 比等の性能を評価した。

【 0 0 9 3 】

上記実施形態に対応する薄膜磁気ヘッドとして形成した M R 素子の基本構成は、N i C r (5 n m) / 反強磁性層 / 磁化固定層 / C u (1 . 9 n m) / C o F e (2 . 5 n m) (フリー層) / C u (3 n m) / T a (2 n m) とした。なお

、数値の単位はnmである。ここで、強磁性層積層体としては、層構造体／Ru
(0.8nm)／Co₉₀Fe(1.6nm)であるシンセティック構造とした。

【0094】

(実施例22～24)

反強磁性層／層構造体を、図7の表に示すように、IrMn₈₀(5nm)／Co₉₀Fe(0.5nm)／Fe₉₅Ta／Co₉₀Fe(0.5nm)とし、体心立方構造を有する層としてのFe₉₅Taの厚みを、実施例22～24の順に、0.5, 0.7, 0.9nmとした。

【0095】

(実施例25～27)

反強磁性層／層構造体を、IrMn₈₀(5nm)／Co₉₀Fe(0.5nm)／Fe₅₀Co／Co₉₀Fe(0.5nm)とし、体心立方構造を有する層としてのFe₅₀Coの厚みを、順に、0.5, 0.7, 0.9nmとした。

【0096】

(比較例11)

反強磁性層／層構造体を、IrMn₈₀(5nm)／Co₉₀Fe(1.5nm)とする以外は実施例22と同様とした。

【0097】

(比較例12)

反強磁性層／層構造体を、PtMn(13nm)／Co₉₀Fe(1.5nm)とする以外は実施例22と同様とした。

【0098】

これらの薄膜磁気ヘッドのMR比と抵抗変化量とを図7に示す。

【0099】

実施例22～27により明らかなように、本実施形態に係るスピバルブ膜を備える薄膜磁気ヘッドによれば、交換結合エネルギーを低下させずに反強磁性層の膜厚を低くできるので、前述した従来構成である比較例12に比して、反強磁性層に流れるセンス電流の分流比を低減でき、MR比や抵抗変化量を向上させることができることがわかる。

【 0 1 0 0 】

なお、比較例 1 3 のように、体心立方構造を有する強磁性層を、面心立方構造を有する強磁性層で挟んでいない従来の強磁性層積層体と不規則合金との交換結合膜を有するスピバルブ膜でも、反強磁性層の膜厚を薄くすることにより、MR 比を向上することができるが、比較例 1 ～ 4 ですでに述べたように交換結合エネルギーが低いので実用化は困難である。

【 0 1 0 1 】

次に、図 8 を参照して本実施形態に係る薄膜磁気ヘッド MH 2 について説明する

【 0 1 0 2 】

本実施形態に係る薄膜磁気ヘッド MH 2 が薄膜磁気ヘッド MH 1 と異なる点は、一方の電極層 4 5 がスピバルブ膜 4 7 の上面と電氣的に接触するように積層されると共に他方の電極層 4 5 がスピバルブ膜 4 7 の下面に電氣的に接触するように積層され、センス電流がスピバルブ膜 4 7 の積層方向に流れる点である。なお、このような薄膜磁気ヘッドは、C P P (Current Perpendicular to Plane) 型の G M R ヘッドと呼ばれる。

【 0 1 0 3 】

これに対応して、硬質磁性層 3 3 の上下で電極層 4 5 との間には、下地層 3 1、保護層 3 5 に代えて、アルミナ等の絶縁層 4 3、4 3 が各々形成されている。

【 0 1 0 4 】

本実施形態の薄膜磁気ヘッド MH 2 によっても、上述の薄膜磁気ヘッド MH 1 と同様に、反強磁性層の厚みを薄くしつつ十分な交換結合エネルギーを実現できるスピバルブ膜 4 7 を採用しているので、信頼性を損なうことなく上部磁気シールド層 1 9 と下部磁気シールド層 3 との間のギャップを狭くでき、狭ギャップ構造の磁気ヘッドを実現できる。

【 0 1 0 5 】

加えて、反強磁性層 7 の厚みが薄くなると、スピバルブ膜 4 7 を流れる電流が反強磁性層 7 を流れる際の抵抗が少なくなるので、磁気ヘッドの MR 比が向上する。

【 0 1 0 6 】

次に、上述の薄膜磁気ヘッドMH1やMH2を備える磁気ヘッド装置、磁気記録再生装置について説明する。

【 0 1 0 7 】

図9は、本実施形態に係るハードディスク装置（磁気記録再生装置）201を示す斜視図である。ハードディスク装置201は、ヘッドアームアセンブリ（HAA: Head Arms Assembly）（磁気ヘッド装置）215を作動させて、高速回転するハードディスク（磁気記録媒体）202の記録面（図9の上面）に、薄膜磁気ヘッド210によって磁気情報（磁気信号）を記録及び再生するものである。

【 0 1 0 8 】

ヘッドアームアセンブリ215は、上述の薄膜磁気ヘッドMH1が形成されたスライダ211を搭載したジンバル（ヘッド支持装置）212と、これが接続されたサスペンションアーム213とを備え、支軸214周りに例えばボイスコイルモータによって回転可能となっている。薄膜磁気ヘッドMH1に変えて、MH2を採用してもよい。ヘッドアームアセンブリ215を回転させると、スライダ211は、ハードディスク202の半径方向、すなわちトラックラインを横切る方向に移動する。

【 0 1 0 9 】

図10は、スライダ211の拡大斜視図である。スライダ211は、略直方体形状をなし、アルティック（ $Al_2O_3 \cdot TiC$ ）からなる基台211a上に、薄膜磁気ヘッドMH1が形成されている。同図における手前側の面は、ハードディスク202の記録面に対向する面であり、エアベアリング面（ABS: Air Bearing Surface）Sと称されるものである。ハードディスク202が回転する際、この回転に伴う空気流によってスライダ211が浮上し、エアベアリング面Sはハードディスク202の記録面から離隔する。

【 0 1 1 0 】

薄膜磁気ヘッドMH1には記録用端子218a、218b及び再生用端子219a、219bが接続されており、図9に示したサスペンションアーム213には、各端子に接続される、電気信号の入出力用の配線（図示省略）が取付けられ

ている。また、薄膜磁気ヘッドMH1を保護するために、図中破線で示したオーバーコート層221が設けられている。なお、エアベアリング面Sに、DLC（Diamond Like Carbon）等のコーティングを施してもよい。

【0111】

このような、ヘッドアームアセンブリ215、ハードディスク装置201においては、上述の薄膜磁気ヘッドMH1やMH2を用いるので、上述と同様の作用効果を奏する。

【0112】

なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、種々の変形態様をとることが可能である。

【0113】

例えば、薄膜磁気ヘッドMH1、MH2では、交換結合膜200を構成する強磁性層積層体41において、層構造体9と第三強磁性層17とが非磁性介在層15を介して積層されたいわゆるシンセティック構造を有しているが、層構造体9のみの強磁性層積層体41とすることもできる。

【0114】

また、薄膜磁気ヘッドMH2において、非磁性導電層25をアルミナ等の絶縁層に変えたTMRヘッドとしてもよい。

【0115】

また、本実施形態に係る交換結合膜やスピバルブ膜は、MRAM（magnetic random access memory）等にも適用できる。

【0116】

【発明の効果】

上記説明したように、本発明によれば、従来よりも膜厚を薄くすることが可能でかつ十分な交換結合エネルギーを有する交換結合膜と、これを用いたスピバルブ膜、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置、磁気記録再生装置が提供できる。これにより、ハードディスク装置等の高密度化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本実施形態に係る交換結合膜の断面構造を示す概略図である。

【図 2】

実施例 1 ～ 実施例 8、比較例 1 ～ 比較例 1 0 及び参考例 1 の交換結合膜の構成と、その特性とを示す表である。

【図 3】

実施例 1 ～ 実施例 8 の交換結合膜の磁化容易軸方向の磁化曲線の典型例を示す図である。

【図 4】

実施例 1、実施例 9 ～ 1 5 の交換結合膜の構成と、その特性とを示す表である。

【図 5】

実施例 8、実施例 1 6 ～ 2 1 の交換結合膜の構成と、その特性とを示す表である。

【図 6】

本実施形態に係る薄膜磁気ヘッドの断面構造を示す概略図である。

【図 7】

実施例 2 2 ～ 2 7、比較例 1 1、1 2 に係る薄膜磁気ヘッドの膜構成と、その特性を示す図である。

【図 8】

本実施形態に係る他の薄膜磁気ヘッドの断面構造を示す概略図である。

【図 9】

本実施形態に係るハードディスク装置を示す斜視図である。

【図 1 0】

図 9 のスライダの拡大斜視図である。

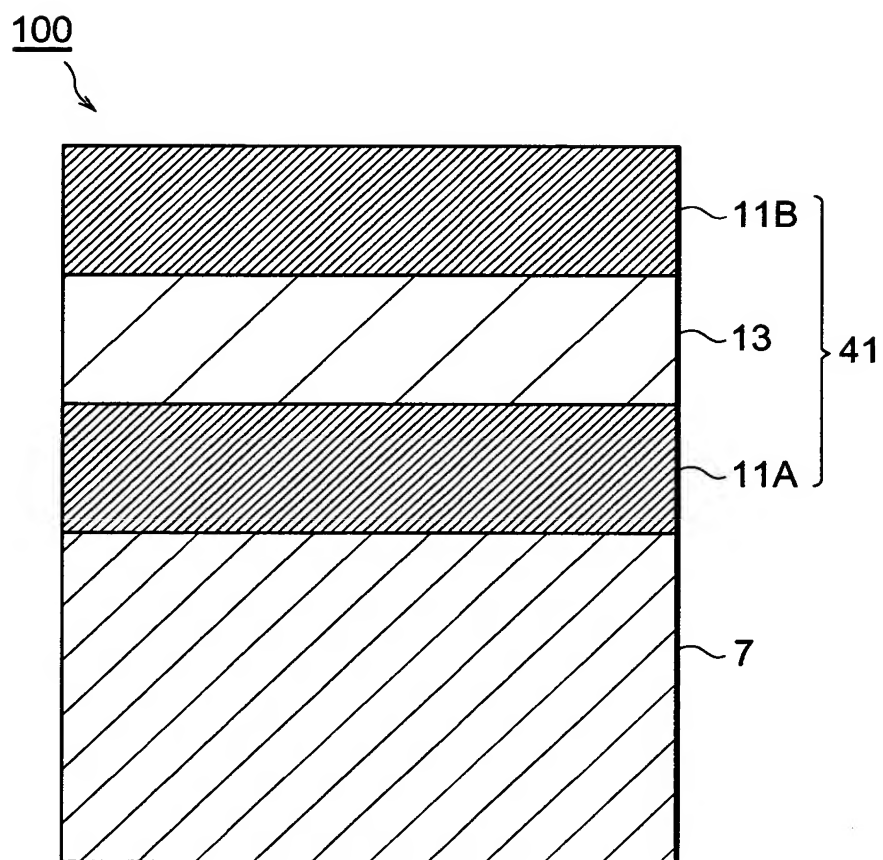
【符号の説明】

3 … 下部磁気シールド層（シールド層）、7 … 反強磁性層、1 1 A、1 1 B … 第二強磁性層、1 3 … 第一強磁性層、1 5 … 非磁性介在層、1 7 … 第三強磁性層、1 9 … 上部磁気シールド層（シールド層）、2 5 … 非磁性導電層、2 7 … フリー層、4 1 … 強磁性層積層体、4 5 … 電極層、4 7 … スピンバルブ膜、1 0 0、

2 0 0 … 交換結合膜、 2 0 1 … ハードディスク装置（磁気記録再生装置）、 2 1
5 … ヘッドアームアセンブリ（磁気ヘッド装置）、 薄膜磁気ヘッド…MH 1, M
H 2。

【書類名】 図面

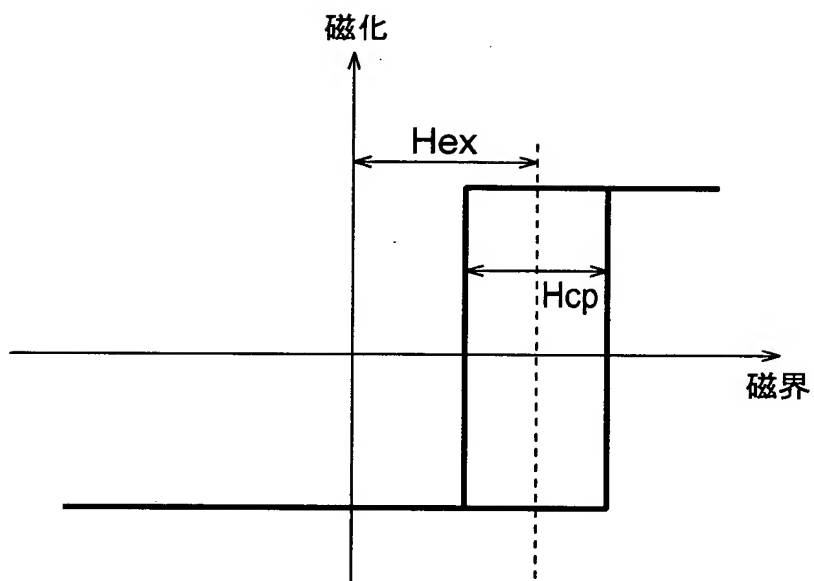
【図 1】



【図 2】

	強磁性体層積層体				反強磁性体層 (厚み)	Hex [kA/m]	Hcp [kA/m]	ta [nm]	Jk [$\mu\text{J}/\text{m}^2$]
	第二強磁性体層 A (厚み)	第一強磁性体層 (厚み)	第二強磁性体層 B (厚み)						
実施例 1	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)		IrMn (10nm)	53.7	16.2	3.34	341
実施例 2	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)		IrMn (9nm)	45.2	11.9	3.34	287
実施例 3	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)		IrMn (7nm)	50.7	14.3	3.34	322
実施例 4	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)		IrMn (5nm)	53.7	16.2	3.34	341
実施例 5	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)		RuRhMn (11nm)	36.9	9.2	3.34	234
実施例 6	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)		RuRhMn (9nm)	41.4	10.5	3.34	263
実施例 7	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)		RuRhMn (7nm)	43.8	12.4	3.34	278
実施例 8	CoFe (1nm)	FeCo (2nm)	CoFe (1nm)		IrMn (5nm)	66.7	17.0	4.30	545
比較例 1	—	—	CoFe (3nm)		IrMn (10nm)	26.9	3.1	3.00	153
比較例 2	—	—	CoFe (3nm)		IrMn (5nm)	26.9	3.1	3.00	153
比較例 3	—	—	CoFe (2nm)		IrMn (10nm)	32.7	5.9	2.00	124
比較例 4	—	—	CoFe (2nm)		IrMn (5nm)	48.3	9.7	2.00	184
比較例 5	CoFe (2nm)	FeTa (2nm)	—		IrMn (10nm)	18.9	8.6	3.56	128
比較例 6	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)		PtMn (15nm)	37.3	31.0	3.34	236
比較例 7	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)		PtMn (13nm)	34.3	29.5	3.34	218
比較例 8	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)		PtMn (10nm)	16.6	16.4	3.34	105
比較例 9	—	—	CoFe (3nm)		PtMn (15nm)	64.1	32.5	3.00	365
比較例 10	—	—	CoFe (3nm)		PtMn (5nm)	7.3	18.7	3.00	41.6
参考例 1	CoFe (2nm)	FeCo (2nm)	—		IrMn (5nm)	41.6	17.4	4.30	339

【図 3】



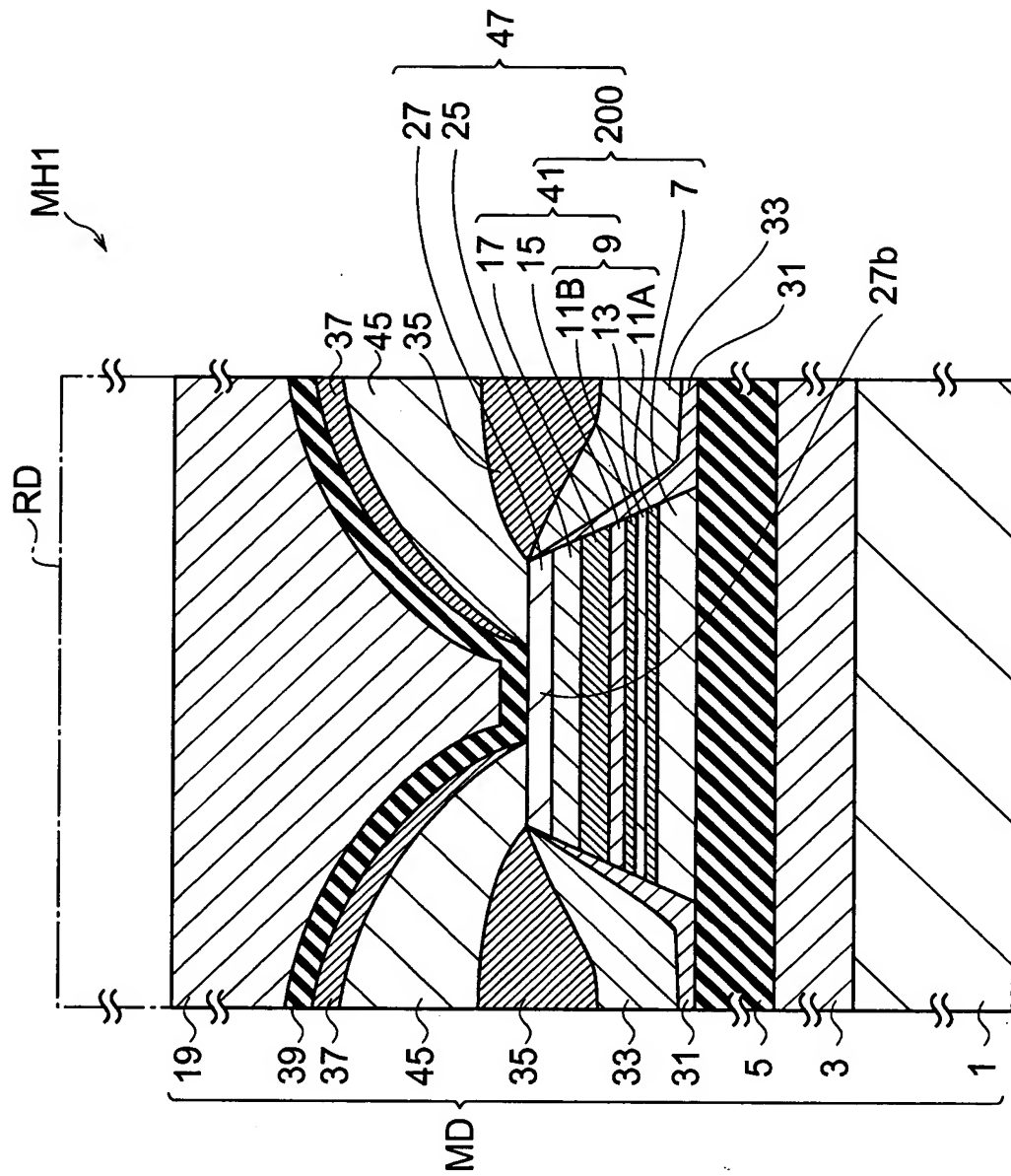
【図 4】

	強磁性体層積層体			反強磁性体層 (厚み)	Hex [kA/m]	Hcp [kA/m]	ta [nm]	JK [$\mu\text{J}/\text{m}^2$]
	第二強磁性体層 A (厚み)	第一強磁性体層 (厚み)	第二強磁性体層 B (厚み)					
実施例 1	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (10nm)	53.7	16.2	3.34	341
実施例 9	CoFe (1.5nm)	FeTa (2nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (10nm)	47.4	11.9	3.56	320
実施例 10	CoFe (1nm)	FeTa (2nm)	CoFe (1nm)	IrMn (10nm)	57.9	13.8	3.56	392
実施例 11	CoFe (0.5nm)	FeTa (2nm)	CoFe (1.5nm)	IrMn (10nm)	58.1	12.8	3.56	393
実施例 12	CoFe (1.5nm)	FeTa (2nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (10nm)	47.4	11.9	3.56	320
実施例 13	CoFe (1.5nm)	FeTa (1.5nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (10nm)	52.9	12.9	3.17	319
実施例 14	CoFe (1.5nm)	FeTa (1nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (10nm)	57.6	14.2	2.78	304
実施例 15	CoFe (1.5nm)	FeTa (0.5nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (10nm)	66.7	17.0	2.39	303

【図 5】

	強磁性体層積層体			反強磁性体層 (厚み)	Hex [kA/m]	Hcp [kA/m]	ta [nm]	Jk [$\mu\text{J}/\text{m}^2$]
	第二強磁性体層 A (厚み)	第一強磁性体層 (厚み)	第二強磁性体層 B (厚み)					
実施例 8	CoFe (1nm)	FeCo (2nm)	CoFe (1nm)	IrMn (5nm)	66.7	17.0	4.30	545
実施例 16	CoFe (1.5nm)	FeCo (2nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (5nm)	64.9	18.1	4.30	530
実施例 17	CoFe (0.5nm)	FeCo (2nm)	CoFe (1.5nm)	IrMn (5nm)	65.9	16.5	4.30	538
実施例 18	CoFe (1.5nm)	FeCo (2nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (5nm)	64.9	18.1	4.30	530
実施例 19	CoFe (1.5nm)	FeCo (1.5nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (5nm)	71.2	18.5	3.73	504
実施例 20	CoFe (1.5nm)	FeCo (1nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (5nm)	78.2	18.7	3.15	468
実施例 21	CoFe (1.5nm)	FeCo (0.5nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (5nm)	61.9	13.9	2.58	303

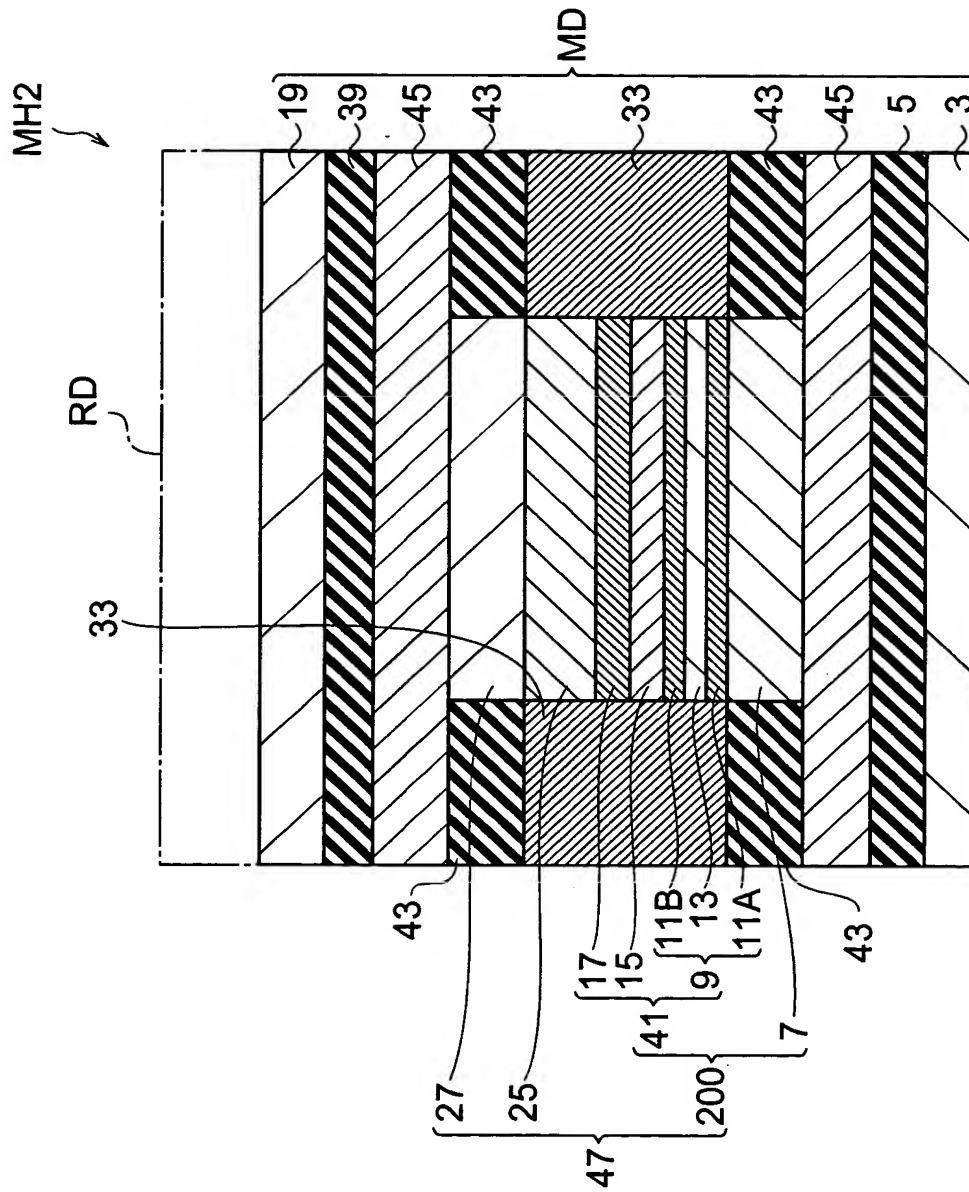
【図6】



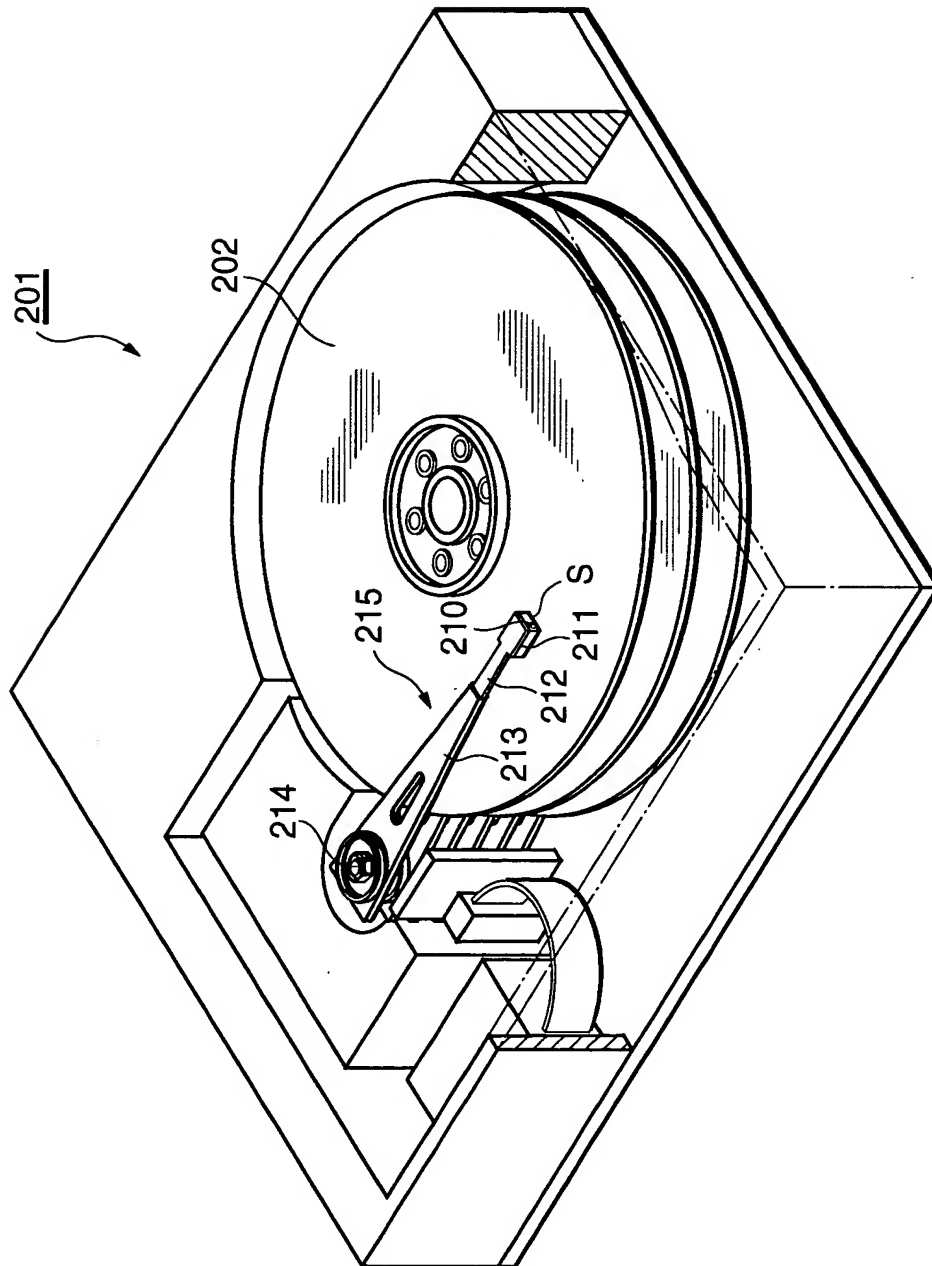
【図 7】

	反強磁性体層 (厚み)	層構造体			MR比 (%)	抵抗変化率 (Ω/cm^2)
		第二強磁性体層 A (厚み)	第一強磁性体層 (厚み)	第二強磁性体層 B (厚み)		
実施例 22	IrMn (5nm)	CoFe (0.5nm)	FeTa (0.5nm)	CoFe (0.5nm)	16.2	3.39
実施例 23	IrMn (5nm)	CoFe (0.5nm)	FeTa (0.7nm)	CoFe (0.5nm)	15.9	3.33
実施例 24	IrMn (5nm)	CoFe (0.5nm)	FeTa (0.9nm)	CoFe (0.5nm)	15.8	3.27
実施例 25	IrMn (5nm)	CoFe (0.5nm)	FeCo (0.5nm)	CoFe (0.5nm)	16.4	3.41
実施例 26	IrMn (5nm)	CoFe (0.5nm)	FeCo (0.7nm)	CoFe (0.5nm)	16.1	3.37
実施例 27	IrMn (5nm)	CoFe (0.5nm)	FeCo (0.9nm)	CoFe (0.5nm)	15.7	3.26
比較例 11	IrMn (5nm)	CoFe (1.5nm)	—	—	16.0	3.23
比較例 12	PtMn (13nm)	CoFe (1.5nm)	—	—	15.1	2.78

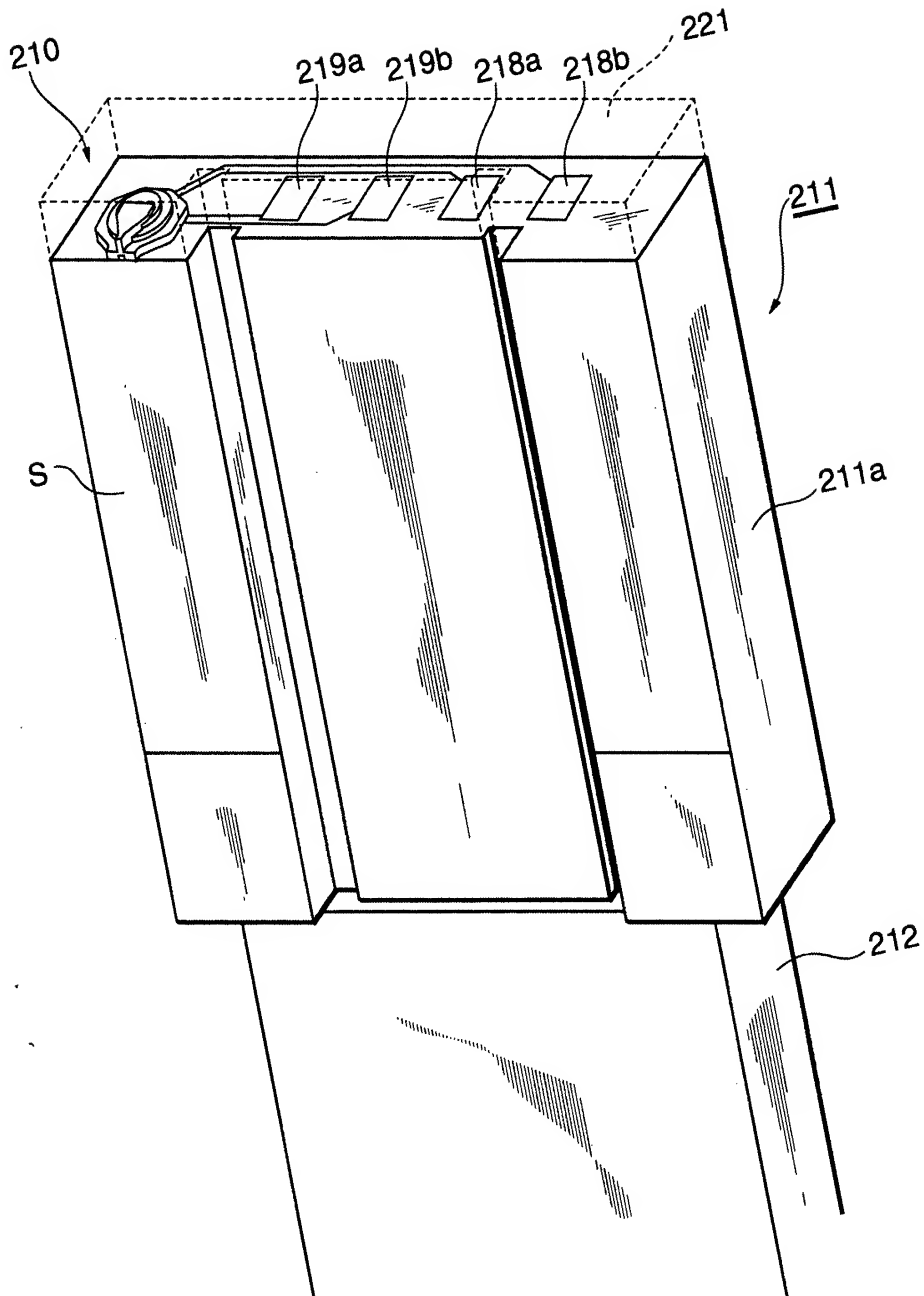
【図 8】



【図 9】



【図10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来よりも膜厚を薄くすることが可能でかつ十分な交換結合エネルギーを有する交換結合膜、これを用いたスピバルブ膜、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置、磁気記録再生装置を提供する。

【解決手段】 体心立方構造を有する強磁性材料を含む第一強磁性層 1 3 と面心立方構造を有する強磁性材料を含み前記第一強磁性層の両面に各々形成された一对の第二強磁性層 1 1 A, 1 1 B とを備える強磁性層積層体 4 1 と、不規則合金を含み一方の前記第二強磁性層上に形成された反強磁性層 7 と、を有する交換結合膜 1 0 0 を用いる。反強磁性層 7 の厚みを従来より薄くしても十分な交換結合エネルギーが発現するので、交換結合膜 1 0 0 の厚みを薄くできる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003067]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都中央区日本橋1丁目13番1号
氏 名 ティーディーケイ株式会社